

(54) 単独測位携帯型GPS植生調査法による 琵琶湖沿岸域の外来種の侵入現況と 抽水植物群落の連続性評価手法の検討

山崎 永文^{1*}・田中 周平²・藤井 滋穂²・
池田 大介¹・國政 瑛大¹・阿部 翔太¹・西川 博章³

¹京都大学大学院工学研究科 都市環境工学専攻 (〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町)

²京都大学大学院地球環境学堂 (〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町)

³株式会社ラージュ (〒523-0821 滋賀県近江八幡市多賀町586-1)

* E-mail: nagafumi@eden.env.kyoto-u.ac.jp

本研究では、琵琶湖沿岸の抽水植物群落における外来植物の侵入現況を明らかにし、抽水植物群落の連続性を評価することを主目的とした。2008年9月～12月および2009年9月～2010年1月に琵琶湖南湖東岸の抽水植物群落を対象に単独測位携帯型GPS装置（以下携帯型GPS）を利用した植生調査を実施し、総面積92.0 haを計1760区画に区分し、317種の植物種を確認した。以下に得られた知見を示す。①外来種の*ササノミ*は極端に波浪が弱くなった群落の沖側に繁茂しやすく、特定外来生物の*ミズヒメ*、*ガイラルグイトリ*、*オウゴン*は*ササノミ*と共存して生育する傾向が明らかになった。②区画の多様性を考慮した新規多様度指数によって、群落の連続性を評価できる可能性が示された。

Key Words : vegetation survey, portable point positioning GPS, monitoring system, exotic flora, biodiversity index

1. はじめに

1992年に生物多様性条約が締結されて以来、自然環境において生態系を構成する生物の多様性がますます重要視されている。湖沼の沿岸植生である水陸移行帯は、水域と陸域を連続的に中継する ecotone であり、それぞれの環境に適合する植物種が段階的に生育して抽水植物群落が成立する。この抽水植物群落に魚類、鳥類、小動物等が生育し多様性の高い生態系が形成される¹⁾。そのため抽水植物群落は多様性の面でも重要な役割を果たしているといえる。

琵琶湖は古来より広大なヨシ原を有し、固有の生態系を育んできたが、経済成長に伴う湖岸の開発により、沿岸に生育していたヨシ群落は半減した²⁾。滋賀県は自然再生を目的として琵琶湖沿岸でヨシの植栽事業を行っている。自然再生に際して、自然再生推進法では多様性の保全を踏まえた実施および事後における科学的な評価が必要とされている。

従来、植物群落の種組成を調査する際には主にライントランセクト法が用いられてきた。ライントランセクト法の調査対象は群落の一部であるため労力は比較的少ないが、1 m ラインの選択位置により同じ群落内でも調査結果にずれが生じる恐れがある³⁾。GPSを植生調査に応用した研究例では、樹林帯に侵入する竹と農耕地における外来雑草の分布状況の把握に留まっており⁴⁾⁵⁾ 植生構造の詳細な検討は行われていない。また、樹林帯におけるGPSの誤差の平均は南北 1.7 ± 2.4 m、東西 1.8 ± 1.4 mであった⁶⁾と報告されている。

外部から持ち込まれた外来種の侵入が生態系に影響を与える事例が各地で報告されており⁷⁾⁸⁾、問題となっている。琵琶湖沿岸域においても外来生物法において特定外来生物に指定される*ミズヒメ*、*ガイラルグイトリ*の侵入が報告されており⁹⁾、分布場所などの詳細な情報の把握や侵入特性に関する研究を進める必要がある。

植物群落の多様性を評価した報告には対象群落中の確認種数を指標とした報告⁹⁾¹⁰⁾の他に、Shannon-Wiener 指数

を用いた報告¹¹⁾¹²⁾¹³⁾がある。抽水植物群落では環境条件、特に水位が群落内において異なるため、生育する植物種が変化する¹⁴⁾。これより、抽水植物群落の健全性を評価する際には、群落内の詳細な植生構造の多様性や生育植物の連続性に注目する必要があると考えられる。しかし既存の研究¹¹⁾¹²⁾では、群落の一部もしくは全体の植物種構成を評価しているため、群落内の面的な植生構造は評価に考慮されていない。

本研究では、抽水植物群落における外来種の侵入現況を明らかにし、多様度指数を用いて群落の連続性を評価することを目的として携帯型GPSを用いた植生調査法（以下GPS調査法）を琵琶湖沿岸に生育するヨシ群落に適用した。

2. 調査の方法

(1) 調査の対象

携帯型GPSを用いた植生調査法を適用した群落を図-1に示す。2008年9月～12月および2009年9月～2010年1月に琵琶湖北湖東岸の一部を除く琵琶湖沿岸に生育する抽水植物群落のうち、面積が1000 m²以上の93群落に対してGPS調査を行った。なお、調査対象群落は植栽群落および面積が大きい自生群落を優先して選定した。

(2) 携帯型GPSを用いた植生調査の方法

GPS調査法の概要を図-2に示す。対象群落に対して植生区画踏査を行い植生区画の位置情報を記録した後、各区画に対して植物社会学的調査を行い、群落内の面的な植生情報を得た。本調査法で定量的な植生情報を得ることにより、詳細な植生構造の分析を行うことができる。なお、國政ら¹⁵⁾が抽水植物群落において携帯型GPSの測

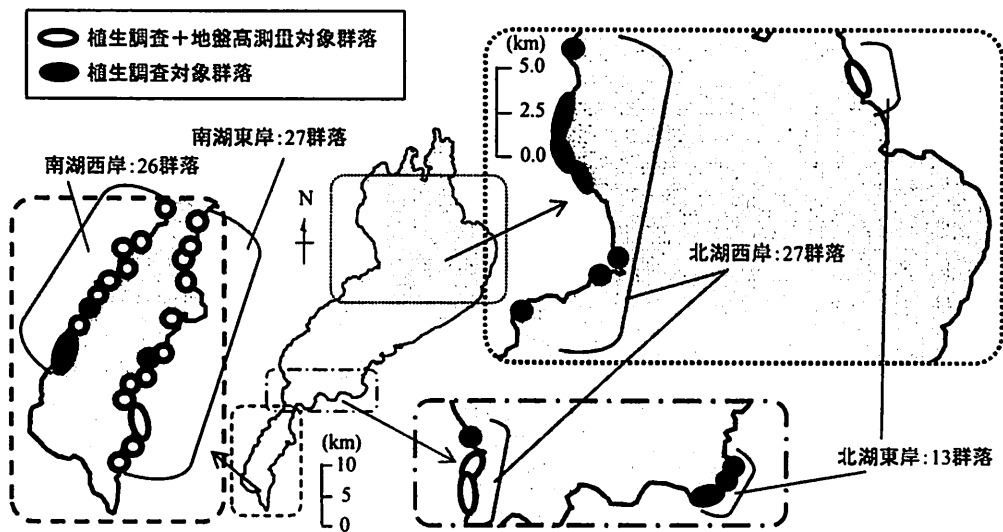


図-1 琵琶湖沿岸域の植生調査と地盤高測量の対象抽水植物群落

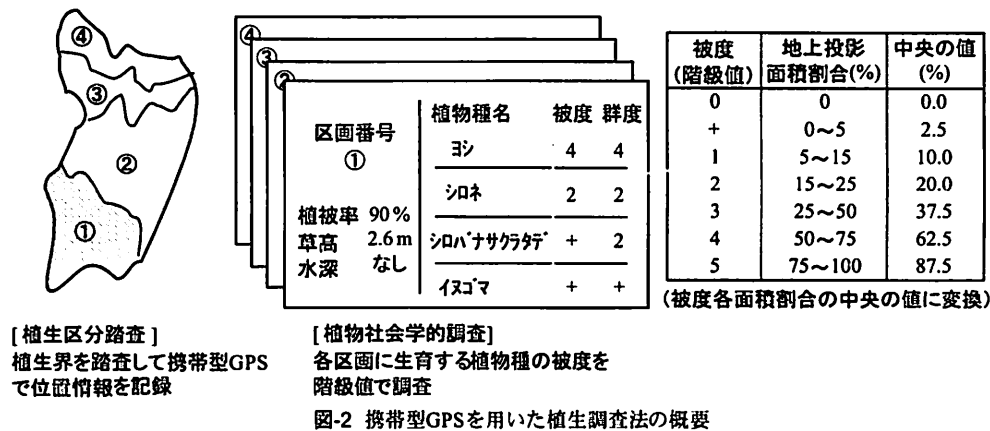


図-2 携帯型GPSを用いた植生調査法の概要

位精度を検証した結果、精密度に関する測位誤差は93 %で1.4 m範囲以内であり、受信状態の悪いヤナギ付近では87%で1.4m範囲以内であった。

a) 植生区画踏査

優占植物種の変化（相親的变化）と準優占植物種の変化（構造的変化）を目視で判別し、植生が変化している境界線上を踏査して3～10 mおきに携帯型GPSに位置情報（緯度-経度）を記録することにより、植生区画の区分を行った。植生区画の面積は10 m²以上とした。得られた各区画の位置情報は世界測地系に従った計算によりm座標に変換し、最小単位が1 m四方のメッシュデータを作成した。

b) 植物社会学的調査

植生区画踏査により区分した各植生区画において、植物社会学的手法(Braun-Blanquet法¹⁰)に基づき植生調査を行った。具体的には、区画内の植生を代表する1 m四方の代表コドラートを設置し、コドラート内の出現植物種、最長草高、植被率、水深、各植物種の被度・群度を調査記録した。コドラート内の植生調査結果を区画の代表としてメッシュデータ上の各区画に記録し、植生図を作成した。7段階（0+,1-5）の階級値で表された各植物種の被度は、調査後に各段階の地上投影面積の割合の中央の値に変換（図-2 右側参照）し、出現した各区画の面積

にこの値を乗じた。これにより求めた地上投影面積の合計が群落面積に占める割合を、群落における各植物種の被度%とし、出現した区画の合計面積を出現面積とした。

(3) 有義波高の推算方法

各群落の有義波高を推算するにあたって、琵琶湖周辺の9か所の観測所における2004年1月～2008年12月の日最大風向風速データを収集した。各群落に最も近い観測所の風速データを宇多らの式¹⁷に適用し有義波高を推算した。

(4) 携帯型GPSを用いた地盤高測量の方法

オートレベルと標尺を用いて群落内の琵琶湖面からの相対的な高さを測り、測定地点を携帯型GPSに記録した。B.S.L.（琵琶湖標準水位）を基準とした測量時の琵琶湖水位を足すことでB.S.L.mに基づく地盤高を得た。群落内の各測定地点の間は三次元スプライン法を用いて補間し、群落の立体的な形状を求めた。地盤高測量は時間の制約により全93群落のうち44群落において行った。

3. 結果および考察

(1) 特徴的な植物種と出現した群落

全調査対象群落の合計面積は92.0 ha、総区画数は1760区画、確認された植物種数は計317種であった。本調査で確認された植物種のうち、環境省が作成したレッドリストに記載されている絶滅危惧種を表-1に示す。10種

表-1 出現した絶滅危惧種の概要

植物種名	区画数	群落数	出現面積 (m ²)	出現した地区
ホソバニガナ	1	1	1,028	山下湾
オオアカウキサ	1	1	131	木の岡町
ハナムグラ	3	3	3,726	針江
ウスケチョウシタデ	3	2	29,051	針江
タノアシ	2	1	297	大溝港
トチカミ	4	4	2,140	雄琴港、下笠ほか
ナガエミクリ	1	1	111	針江
ナガバノウナギツカミ	1	1	5,241	針江
ヒメタスキモ	1	1	110	雄琴港
ミスネコノオ	1	1	30	針江

表-2 出現した特定外来生物の概要

植物種名	区画数	群落数	出現面積 (m ²)	出現した地区
アレチウリ	44	28	9,532	饗庭、小野ほか
オオカワヂヤ	1	1	17	小野
オオフサモ	87	37	16,695	針江、下野木ほか
ナガエツルノゲイトウ	25	12	3,367	小野、木の岡町ほか
ミスヒマワリ	2	1	915	新浜

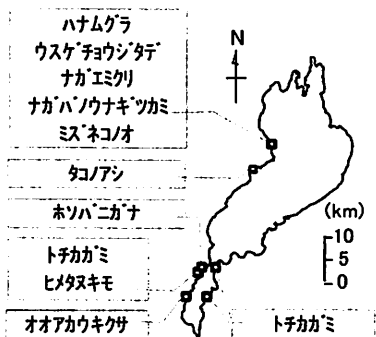


図-3 琵琶湖沿岸における絶滅危惧種の分布する群落の位置

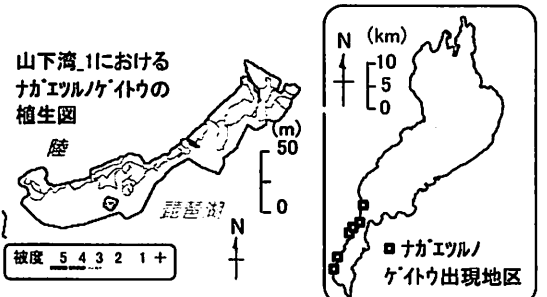


図-4 琵琶湖沿岸におけるナガエツルノゲイトウが分布する地区の位置と山下湾_1群落の植生図の例

のうち7種は1群落のみで出現し、6種は1区画のみで確認されていた。これらの絶滅危惧種が出現した群落の位置を 図-3 に示す。北湖西岸の群落で6種、南湖東岸の群落で1種、南湖西岸の群落で4種が出現した。これらの貴重種が確認された群落は貴重種が生育できる環境を有しているため重要であり、今後も継続的なモニタリングが必要である。

外来生物法で異常繁殖により生態系に悪影響を与える恐れのある特定外来生物に指定される植物種を 表-2 に示す。この他に24種の要注意外来生物に指定される植物種も確認された。近年侵入が確認され、駆除などが行われているガエルガイトの出現した群落の位置と、植生図の例として南湖西岸の自生群落(山下湾_1)におけるガエルガイトの確認された区画を 図-4 に示す。群落の沖側に生育する特定外来生物は山下湾_1群落のように群落の一部に局所的に確認されることが多かった。

(2) GPS調査法の有効性の検討

北湖西岸の自生群落の小野_7を対象に、GPS調査法とラントランセクト法で得られる植生情報の比較検討を行った。本調査手法により作成した植生図上から、沖陸方向の測線をランダムに選択し、測線上の植生情報をラントランセクト法による植生調査結果と仮定した。小野_7群落の植生区分図と図より測線をランダムに選択した例を 図-5 に示す。植生区分図では各区画を黒線により区分し、隣り合わせの区画を識別するために異なる色を付けた。測線の位置によって測線の長さが短くなる場合があるため、50 m以上の長さの測線を有効とした。測線の幅は一般的に用いられる1 mと田中ら³⁾が提案した8 mの2通りについて検討した。

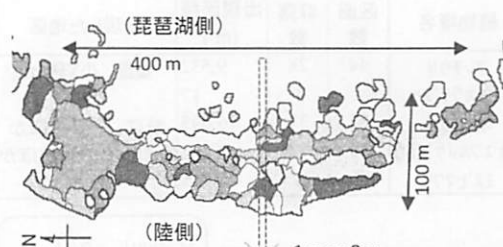


図-5 GPS調査法による植生区分図(小野_7群落)とラントランセクト法の測線を選択した例

表-3 ラントランセクト法との比較

	1m 測線	8m 測線	GPS 調査
種数	最大	29	36
	平均	17.4	20.2
	標準偏差	5.0	5.5
区画数	最大	10	12
	平均	5.6	7.1
	標準偏差	1.5	1.9

各幅の測線で得られた種数と区画数の結果を 表-3 に示す。GPS調査法で確認された種数は69種であった。ラントランセクト法で有効とした測線の数はともに261本であり、1 m幅の測線の平均種数は17.4種、最大種数は29種、8 m幅の測線の平均種数は20.2種、最大種数は36種であった。GPS調査法による区画数は73であり、1 m幅の測線の平均区画数は5.6区画、最大区画数は10区画、8 m幅の測線の平均区画数は7.1区画、最大区画数は12区画であった。ラントランセクト法による植生調査では1 m幅測線よりも8 m幅測線がより多くの植生情報を得られるが、どちらの幅の測線も確認種数はGPS調査法の1/4-1/2に限られていた。

すべての有効な測線のうち各植物種が確認される確率を求め、確率に対する累積植物種数を示したグラフを 図-6 に示す。確認された測線がすべての有効測線の20 %以下であった植物種の種数は1 m幅の測線で35種、8 m幅の測線で32種であった。8 m幅の測線ではカハコベとオシロイバナがすべての有効測線のうち5 %以下の測線でしか確認されず、1 m幅の測線ではカハコベとオシロイバナが3 %以下の測線でしか確認されなかった。この結果より、群落内で局所的に生育している希少種などの植物種を調査する際のGPS調査法の有効性が示唆された。

(3) 外来種カハコベの侵入現況

カハコベは外来種の中でも最も出現面積が広く全調査群落の面積の23.8 %を占める218,936 m²で確認され、出現面積中の平均被度%は62.1 %であった。この値はヨシの平均被度の58.4 %に近く、出現する区画において優占する傾向が示唆された。また、全調査対象群落におけるカハコベの被度%はヨシの42.0 %に次ぐ14.8 %であった。一方、その他の外来種の中で被度%の高い植物種はセキショウが1.2 %、アザミが0.9 %、アザミが0.4 %であり、カハコベが外来種の中で最も在来種に

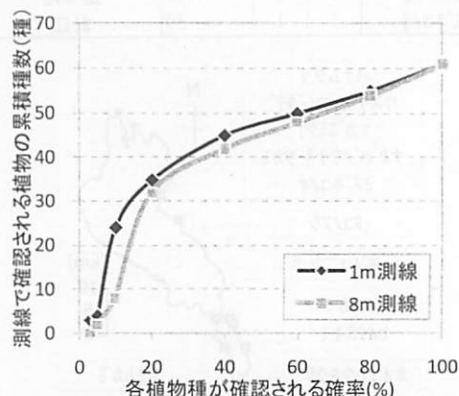


図-6 ランダムに測線を選択した際に一定の確率で確認される植物種の累積種数

置き換わって生育していると考えられた。水田雑草の外来種チゴスメリは刈り取りのみで完全に防除することは難しく¹⁰⁾、自生群落において低地盤高域に生育する傾向がある¹⁰⁾ことがわかっている。チゴスメリが優占していた群落の位置とチゴスメリの植生図の例を 図-7 に示す。チゴスメリが優占した群落は93群落中15群落であった。消波施設のある植栽群落を除くと、チゴスメリが優占した群落は南湖西岸の8群落と沖側に人工島が造成された矢橋地区の3群落のみであった。各群落のチゴスメリの被度%と有義波高との関係を 図-8 に示す。チゴスメリが優占した群落のうち北湖東岸と南湖東岸の植栽群落では消波施設の内側にチゴスメリが繁茂し、南湖東岸の矢橋の自生群落の沖には人工島が造成されていた。

他の地域よりも有義波高が低い南湖西岸では、 図-7 の山下湾地区のような湾状の地形の内部にチゴスメリが繁茂していた。これらより、地形や人工造成物の影響により極端に波浪が弱くなった群落は水田雑草であるチゴスメリが繁茂しやすい環境となっている可能性が示唆された。

(4) 外来種の侵入特性

外来植物17種と優占区画の平均被度%上位20位の在来植物種について、各植物種が優占していた区画において出現した在来植物種数および外来植物種数を 図-9 に示す。区画内に出現する外来植物種数の平均は、外来植物が優占する区画では1.8種、在来植物が優占する区画で

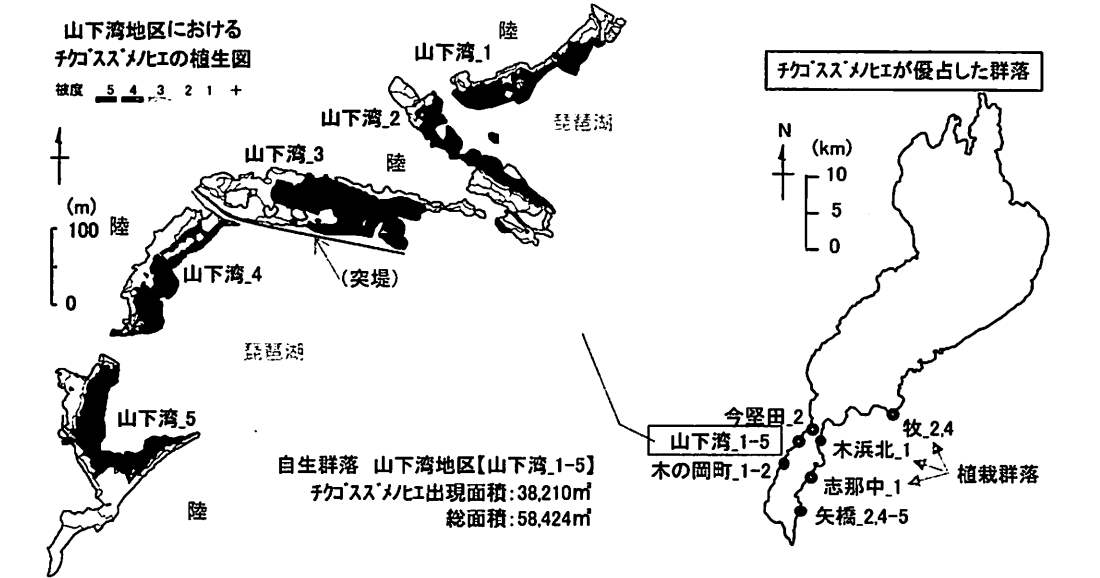


図-7 チゴスメリ優占群落の位置および植生図の一例

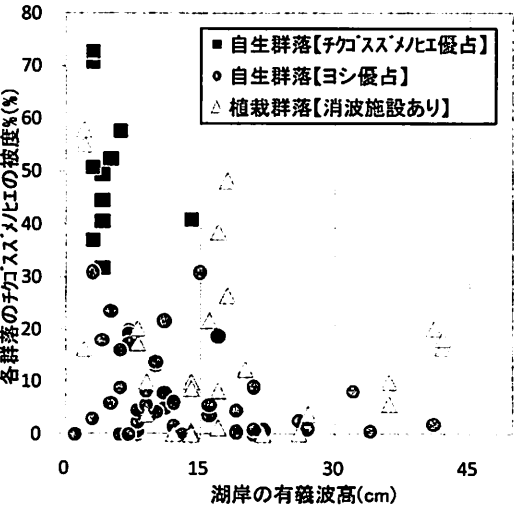


図-8 チゴスメリ被度%と湖岸の有義波高の関係

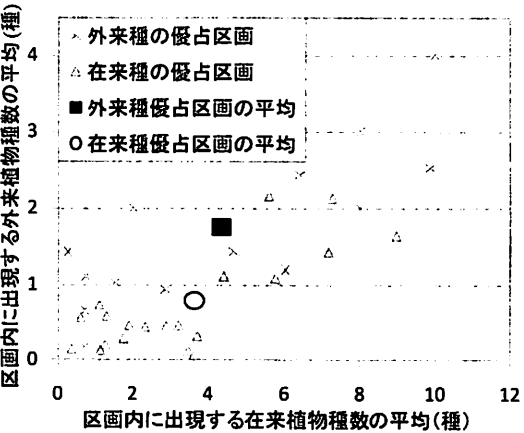


図-9 各植物の優占区画内に出現する外来植物と在来植物の種数

は0.8種であり、外来種が優占する区画では生育する外来種数が多い傾向が示唆された。また、在来植物のうち、ナガサキ、ナガサキ、ナガサキの優占区画内では在来種の出現種数に対して外来種の出現種数が少なく、優占区画内の植生が在来植物で構成される傾向が示された。

各植物の出現面積中にチゴスミレが確認された面積の割合を、割合が高い外来種と在来種について 図-10 に示す。外来種で5番目に割合が高いアサギナグサは58.2%で、上位の4種は70%以上であった。一方在来種ではドクゼリが最も高く40.6%で、ドクゼリに次ぐ3種は20%以下であった。チゴスミレと生育環境が近いと考えられるこれらの特定外来生物のうち、ガエツナグサとアサギナグサは近年侵入が確認されている⁹⁾。この2種は今後チゴスミレの生育場所において急激に分布を広げる可能性があるため、今後の生育分布に注意する必要があると考えられた。

(5) GPS調査法を用いた抽水植物群落の連続性評価手法の検討

GPS調査法は群落内の各区画の面積と植生情報が詳細に得られる。そこで本調査法の特徴を反映し、群落中の区画の多様性を考慮した新規多様度指数を提案した。群落を地盤高に応じて3つの範囲に分割し、新規多様度指数を用いて連続性の評価を行った。

a) 新規多様度指数の提案

新規多様度指数として、各区画に植物種の多様性を重み付けした群落内の植生区画の多様性を表す指標を提案した。区画 j に生育する任意の植物種 k が区画内に占める被度 C_{jk} を用いて区画 j のシン普森指数 d_j を算出した。区画 j 内の種多様度指数 d_j を表す式(a)を示す。区画が群落全体に占める面積の割合に対してシン普森指数を算出する際に、任意の区画 j の項に区画 j の種多様性を表わす d_j を重みとして乗じたものを、区画多様度

指数 D とした。区画多様度指数 D を式(b)に示す。森下¹⁹⁾によって提案された多様度指数 $\ln(1/d)$ について、シン普森指数 d を区画多様度指数 D に置き換え、新規多様度指数とした。新規多様度指数を表す式(c)に示す。

$$\text{区画}j\text{の種多様度指数 } d_j = \sum_{k=1}^{Q_j} (C_{jk}/V_j)^2 \quad (\text{a})$$

$$\text{区画多様度指数 } D = \sum_{j=1}^N (P_j/A)^2 \times d_j \quad (\text{b})$$

$$\text{新規多様度指数} = \ln(1/D) \quad (\text{c})$$

Q_j = 区画 j に生育する植物種数

C_{jk} = 区画 j で植物種 k が区画内に占める被度(%)

V_j = 区画 j に生育するすべての植物種の合計被度(%)

N = 群落内の区画数

P_j = 区画 j の面積(m^2)

A = 群落全体の面積(m^2)

種多様度指数 d は植物種の多様性が高くなるに従って低い値となる。すべて区画に生育する植物種がそれぞれ1種の場合、任意の区画 j における d_j の値は1となり、新規多様度指数は従来の多様度指数 $\ln(1/d)$ を用いた区画の多様性を表す指標となる。また、各区画において D を算出するため、同じ植物種が優占する面積が広い群落でも、準優占種が変化し連続性がある場合は、準優占種の変化により区画が区分される。その結果、区画の多様性が高まり指数の値は高くなる。これより、この指数によってヨシをはじめとする優占種の連続性を評価することができると考えられる。

b) 地盤高の範囲に着目した連続性評価手法の検討

地盤高測量を行った群落の各区画の中心地盤高と生育植物種数の関係を 図-11 に示す。低地盤高では同一区画

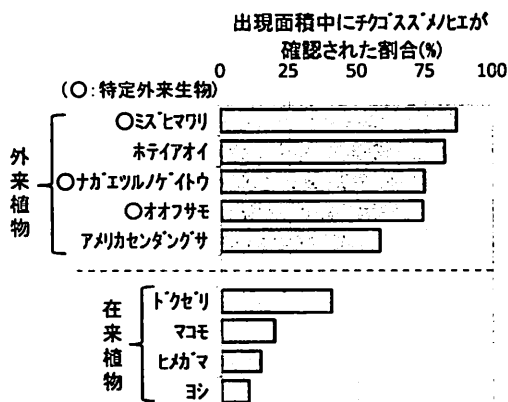


図-10 各植物の出現面積中にチゴスミレが確認された面積の割合

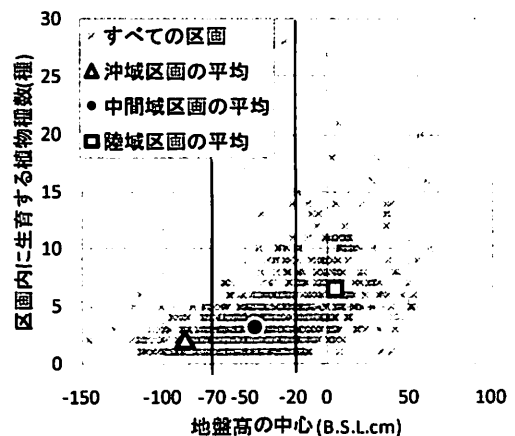


図-11 各区画の中心地盤高と生育植物種数

に生育する植物数が少なく、地盤高が高くなるに従って増加する傾向がみられた。地盤高によって植物の生育が異なることから、群落の地盤高をB.S.L.-70 cm以下（沖域）、B.S.L.-70 cm～-20 cm（中間域）、B.S.L.-20 cm以上（陸域）の3つの範囲に分割した。地盤高範囲を3つに分割することで、群落の連続性評価を行う際に地盤高範囲毎の比較を行うことができる。北湖西岸の小野_4と南湖西岸の木の岡町_1の二つの自生群落の植生区画図と沖域・中間域・陸域の境界を 図-12 に示す。小野_4群落の沖域は中間域と同じ様に複数の区画が混在しているのに対して、木の岡町_1群落では中央の沖域が優勢に占める区画が沖域の大半を占めた。

沖域・中間域・陸域の地盤高範囲が群落全体に占める面積割合と、外来植物が生育する面積の割合、そして従来の多様度指数 $\ln(1/d)$ と新規多様度指数を、小野_4、木の岡町_1、地盤高を調査した群落の平均について 表-4 に示す。表-4 で従来の多様度指数および新規多様度指数を算出する際には、各区画に生育する在来植物種の被度%のみを対象に種の多様度指数を求めることで、在来種の連続性を評価した。外来種のみが生育する区画は指

数を算出する対象から除外した。区画の多様性を考慮しない従来の多様度指数 $\ln(1/d)$ では小野_4の沖域よりも木の岡町_1の沖域の値が高いのに対して、区画の多様性を考慮した新規多様度指数 $\ln(1/D)$ では木の岡町_1の沖域よりも小野_4の沖域の値が高かった。木の岡町_1群落の沖域は広い範囲にポグスミアが優占しており、外来種が生育する面積の割合は80.6 %と高かった。この結果と2群落の植生区画図より、沖域における従来の多様度指数と新規多様度指数の差異は区画の多様性が影響していると考えられた。沖域に侵入する外来種ポグスミアは木の岡町_1群落のように広い面積にマット状に生育し、区画の単純化を招く傾向があることから、新規多様度指数が群落の連続性の評価とともに、外来種の侵入による健全性への影響の評価にも有効である可能性が示唆された。

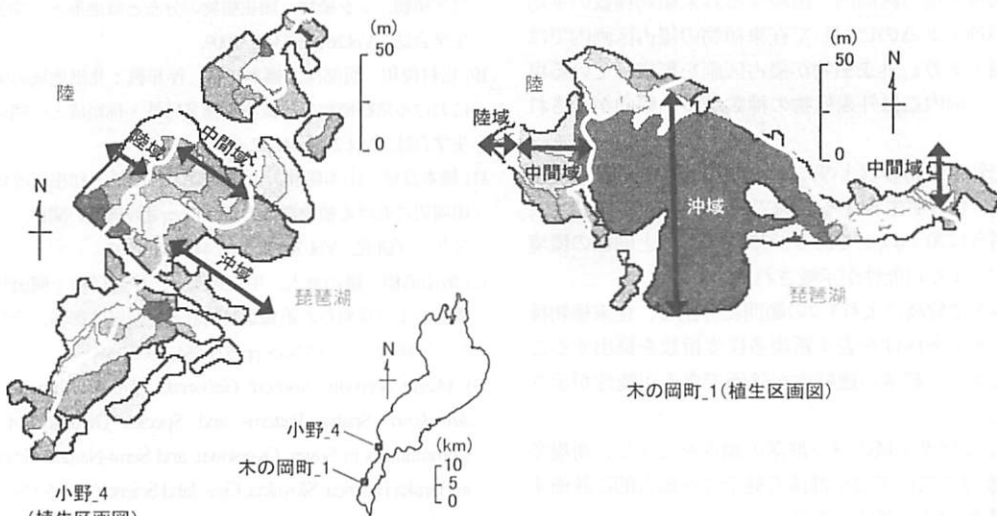


図-12 自生群落の植生区画図と地盤高範囲（沖域・中間域・陸域）の分割の例

表-4 沖域・中間域・陸域の面積割合、外来種の割合および多様度指数

群落名	群落面積 (㎡)	区画数	在来植物 種数	群落全体に占める面積割合(%)			外来種の面積割合(%)		
				沖域	中間域	陸域	沖域	中間域	陸域
小野_4	12,231	52	29	39.3	36.1	24.6	22.4	31.2	3.0
木の岡町_1	13,046	31	34	69.2	29.5	1.2	80.6	18.0	4.1
群落平均	12,680	20	23	21.4	56.1	22.6	35.5	16.1	11.3
				従来の多様度指数 ($\ln(1/d)$)			新規多様度指数 ($\ln(1/D)$)		
				沖域	中間域	陸域	沖域	中間域	陸域
小野_4				0.5	1.1	2.1	2.9	3.2	3.0
木の岡町_1				1.0	0.7	0.7	0.5	2.7	0.8
群落平均				0.6	0.6	1.2	1.2	1.6	1.8

4. 結論

本研究では抽水植物群落における外来種の侵入特性と侵入による多様性への影響を明らかにすることを目的とした。2008年9月～12月および2009年9月～2010年1月に単独測位携帯型GPS装置を用いた植生調査法を琵琶湖沿岸域のヨシ群落に対して適用した。調査により得られた定量的な植生構造の情報をを用いて外来種の侵入特性の検討を行い、新たな多様性指数を用いて外来種の侵入の程度による多様性への影響を検討した。得られた知見について以下に示す。

- 1) 環境省のレッドリストに絶滅危惧種として記載されている貴重種10種と外来生物法で特定外来生物に指定されている外来種5種が確認され、分布状況と生育場所の詳細な位置を把握することができた。
- 2) カゴズメヒメはヨシに次いで出現面積が広く全調査群落の面積の23.8%を占める218,936 m²で確認されており、地形や人工造成物の影響により極端に波浪が弱くなった群落は水田雑草であるカゴズメヒメが繁茂しやすい環境となっている可能性が示唆された。
- 3) 外来種の優占区画内に出現する外来植物種数の平均は1.8種であるのに対して在来植物の優占区画内では0.8種であり、外来植物が優占区画を形成している場合、区画内には外来植物の種数が多い傾向が示された。
- 4) 特定外来生物のミズヒメ、ガエルガイロ、材野と外来種のヤブイロが生育する区画でカゴズメヒメが確認された割合は70%以上であり、カゴズメヒメと同様の環境で生育する可能性が示唆された。
- 5) 群落を地盤高により3つの範囲に分割し、在来植物種と区画の多様性を表す新規多様性指数を算出することにより、群落の連続性が評価できる可能性が示された。

今後は琵琶湖全域のヨシ群落の調査を完了し、新規多様性指数等を用いてヨシ群落の健全性を総合的に評価する方法を検討する予定である。

謝辞：本研究では地盤高測量にあたり（有）淡水技研にご協力いただきました。ここに感謝の意を表します。なお、本研究は（財）琵琶湖・淀川水質保全機構、（財）水資源機構より一部助成を受けて実施したものです。

参考文献

- 1) 水資源開発公団：淡海よ永遠に 琵琶湖開発事業誌、第V編、pp. 290-306, 1993

- 2) 滋賀県自然環境保全課：ヨシ群落現存状況調査資料、2008
- 3) 田中周平、藤井滋穂、山田淳：植生調査における調査ラインの選択が結果に及ぼす影響、環境技術研究協会年次大会研究発表会要旨集、Vol. 3, pp. 211-214, 2003.
- 4) 仲幸彦：GPSを使用した生物理工学部キャンパスの植生調査-竹の分布とその影響-, Memoirs of the School of Biology-Oriented Science and Technology of Kinki University, No. 22, pp. 43-48, 2008.
- 5) 渡辺修：地理的スケールから見た外来雑草の分布と発生パターン、日本草地学会誌、Vol. 48 No. 5, pp. 440-450, 2002.
- 6) Taniguchi Takeshi, Inhibition of the regeneration of Japanese black pine (*Pinus thunbergii*) by black locust (*Robinia pseudoacacia*) in coastal sand dunes, J For Res Vol. 12 No. 5, pp. 350-357, 2007.
- 7) 都築隆禎：吉野川における礫河原の管理方針について—シナタレスズメガヤの抑制対策—、リバーフロント研究所報告、No. 17, pp. 92-98, 2006.
- 8) 藤井伸二、志賀隆、金子有子：琵琶湖におけるミズヒマワリ（キク科）の侵入とその現状及び駆除に関するノート、水草研究会誌、Vol. 89, pp. 9-21, 2008
- 9) 杉村康司、沖津進：筑波山のスギ・ヒノキ人工林におけるコケ植物、シダ植物、顕花植物の分布と微地形との関係、植生学会誌、Vol. 26, pp. 33-48, 2009.
- 10) 松村俊和、服部保、橋本佳延、伴邦教：北摂地域の萌芽林における常緑植物の植被率と種多様性・種組成との関係、植生学会誌、Vol. 24, pp. 41-52, 2007.
- 11) 楠本良延、山本勝利、大黒俊哉、井出任：利根川流域の水田周辺における植物群落の多様性と景観構造の関係、ランドスケープ研究、Vol. 70 No. 5, pp. 445-448, 2007.
- 12) 飯山直樹、鎌田磨人、中川恵美子、中越信和：棚田畦畔の構造および草刈りの差異が植物群落に及ぼす影響、ランドスケープ研究、Vol. 65 No. 5, pp. 579-584, 2002.
- 13) Masae Shiyomi, Norbert Gaborcik, Hiroshi Koizumi, Anna Javorkova. Spatial Patterns and Species Diversity of Plant Communities in Sown, Oversown, and Semi-Natural Grasslands in Banska Bystrica, Slovakia, Grassland Science Vol. 50 No. 1, pp. 1-8, 2004.
- 14) 山崎永文、田中周平、藤井滋穂：湖沼沿岸域における植生遷移後の群落構造に及ぼすヨシ植栽時の地盤高設計の影響、環境工学研究論文集、Vol. 46, pp. 81-88, 2009.
- 15) 国政瑛大：単独測位携帯型GPS装置を用いた植生調査手法の提案とその適用、京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻修士論文、2009.
- 16) Braoun-Blanquet, J. Grundlagen und Methoden des biologischen Wasserbaus, Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstrassen, pp. 17-78, 1965.
- 17) 宇多高明、小菅晋、岡本正一、伊藤正光：風浪下の作用下での湖岸への繁茂条件について、海岸工学論文集、Vol. 44, pp.

1116-1120, 1997.

響, 日本生態学会誌, Vol.46, pp.269-289, 1996.

- 18) 江口末馬, 高林實, 大隈光善: キシュウスズメノヒエとチ
クゴスズメノヒエの生育及び水稻に及ぼす影響の差異, 雑草
研究, Vol.33 No.3, pp.209-211, 1988.

d(2010.5.21 受付)

- 19) 森下正明: 種多様性指数値に対するサンプルの大きさの影

Existing Conditions of Alian Plant Invasion on Lake Biwa Shore
and Continuity Evaluation of Aquatic Plant Communities
by Quantitative Vegetation Survey Procedure Using Portable Point Positioning GPS.
Nagafumi YAMAZAKI¹, Shuhei TANAKA², Shigeo FUJII²,
Akihiro KUNIMASA¹, Daisuke IKEDA¹, Shota ABE¹,
and Hiroaki NISHIKAWA³

¹Dept. of Urban and Environmental Engineering, Kyoto University

²Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University

³Lago Corporation

This study focused on alian plant invasion and continuity of aquatic plant communities. Quantitative vegetation survey using portable GPS devices was carried out on Lake Biwa shore from September 2008 to Desember 2008 and September 2009 to January 2010. Findings are as follows: (1) *Paspalum distichum* tended to grow well on offshore side of communities those were low affected area by waves. And invasive alien species such as *Gymnocoronis spilanthoides* DC, *Alternanthera philoxeroides*, and *Myriophyllum brasiliense* Cambess were often found where *Paspalum distichum* grew. (2) Biodiversity index considering flora was effective to evaluate continuity of communities.